

ESTUDO DO ACOPLAMENTO MAGNETOELÉTRICO EM INTERFACES DE HETEROESTRUTURAS DE ÓXIDOS COMPLEXOS

Aluna: Maíra Dombroski Neme **RA:** 147141 **Curso:** Licenciatura em Física
Pesquisador responsável: Júlio Criginski Cezar
Co-orientação: Flávia Regina Estrada
Unidade: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron / Linha PGM

Introdução

O efeito magnetoelétrico é um fenômeno que permite controle da magnetização de um material ao aplicar um campo elétrico, ou da polarização elétrica ao aplicar um campo magnético. Este efeito é observado quando, em certo intervalo de temperatura, um material apresenta ordem ferroelétrica e ferromagnética (ou antiferromagnética). Outra situação que este efeito pode ser observado é quando materiais magnéticos e materiais ferroelétricos são integrados na forma de compósitos ou, como no caso deste projeto, na forma de heteroestruturas nanométricas. Este tipo de acoplamento magnetoelétrico é baseado na interface entre duas camadas diferentes e tem grande potencial para aplicação em, por exemplo, dispositivos de memória e sensores magnéticos.

Heteroestruturas dos óxidos BaTiO_3 e $(\text{La,Sr})\text{MnO}_3$ com diferentes espessuras entre as camadas são um sistema modelo para o estudo destes fenômenos. Ambas as fases apresentam estrutura perovskita (exemplificado na figura 1 (a)), o que facilita a integração destes materiais em filmes. Neste sistema o BaTiO_3 apresenta propriedades ferroelétricas devido a sua simetria cristalina tetragonal enquanto o $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ é um composto ferromagnético com alta polarização dos spins. Uma das formas de seguir um estudo da interação magnetoelétrica na interface é por microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução, como exemplificado na figura 1 (b).

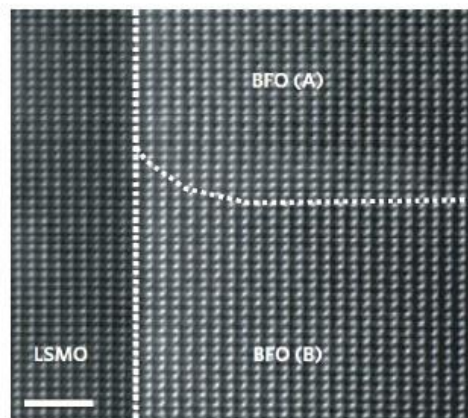
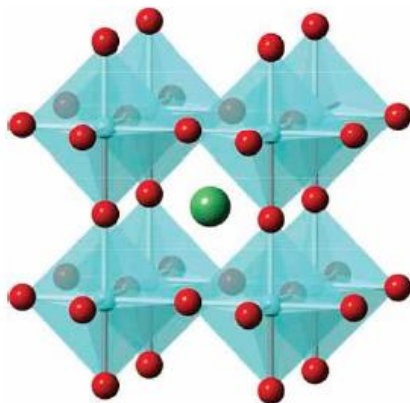


Figura 1. (a) Estrutura perovskita referente aos óxidos BaTiO_3 e $(\text{La,Sr})\text{TiO}_3$; (b) Imagem de microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução da interface de uma heteroestruturas magnetoelétrica.

Estado da arte

O entendimento do fenômeno de acoplamento magnetoelétrico gerado nas interfaces de heteroestruturas óxidas de camadas nanométricas de material ferroelétrico e de material ferromagnético depende, principalmente, de um estudo de síntese de amostras e de caracterização microestrutural.

A técnica de PLD consiste em utilizar um laser de comprimento de onda na faixa de nanômetros para pulverizar um material que deseja depositar. O laser possui intensidade suficiente para gerar um plasma do material. Colocando-se um substrato frente a este plasma ocorre a formação de um filme fino do material pulverizado sobre o substrato. A técnica é bastante versátil, sobretudo para crescimento de óxidos, devido à possibilidade de se trabalhar com atmosfera controlada na câmara de deposição.

A técnica de TEM consiste em um feixe de elétrons atravessando e difratando uma amostra ultra fina (da ordem de algumas dezenas de nanômetros). Da interação dos elétrons transmitidos resulta uma imagem ampliada da amostra em até 1.000.000 de vezes, tendo resolução para definir as posições atômicas e distorções cristalinas nas interfaces das heteroestruturas. A figura 1(b) apresenta uma imagem de TEM da interface BFO/LSMO onde é possível visualizar uma fronteira de grãos, portanto a combinação dessas técnicas atinge o estado da arte de estudos de heteroestruturas magnetoelétricas, desde a observação de defeitos até a interdifusividade de algum ou nenhum átomo na interface entre as camadas.

Objetivo

O principal objetivo deste projeto de iniciação científica é compreensão do acoplamento magnetoelétrico em heteroestruturas magnetoelétricas de BaTiO₃ e (La,Sr)MnO₃. Para tanto, uma série de heteroestruturas com diferentes espessuras entre as camadas serão crescidas através da técnica de ablação por laser pulsado (do inglês *Pulsed Laser deposition - PLD*). Assim, as interfaces serão estudadas a nível atômico usando a técnica de microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução (do inglês *Transmission Electron Microscopy*).

Metodologia

Este trabalho será dividido em 3 etapas desenvolvidas ao longo de um ano com o projeto PIBIC do CNPq. No entanto, espera-se que seja possível desenvolver as três etapas já no 1º semestre. São elas:

- Crescimento e otimização das camadas de BiFeO₃ e (La,Sr)MnO₃ usando técnica de deposição PLD na linha U11-PGM;
- Caracterização estrutural das fases por difração de raios X; e
- Caracterização microestrutural do acoplamento magnetoelétrico entre as interfaces usando Microscopia Eletrônica de Transmissão em alta resolução no LNNano cuja coleta de imagens será feita pela pós doutoranda Flávia Estrada, que acompanhará a análise da interface após a coleta.

A linha U11-PGM do LNLS, à qual esse projeto está associado, dispõe de uma câmara de deposição por PLD de última geração para crescimento de óxidos complexos, entre outras técnicas de caracterização que serão exploradas neste trabalho. Além disso, dentro do nosso grupo o aluno poderá ter contato com outras técnicas de crescimento e caracterização de filmes finos e heteroestruturas. Finalmente, mesmo não sendo o objetivo principal desse

projeto, o aluno terá oportunidade de se envolver no uso da radiação síncrotron para complementar a caracterização das amostras crescidas durante o trabalho.

Bibliografia

Hu, J.M. et al. Multiferroic maagnetolectric nanostructures for novel device application. MRS Bulletin 40 (2015)

Kim, Y. M. et al. Direct observation of ferroelectric field effect and vacancy-controlled screening at the BiFeO₃/La_xSr_{1-x}MnO₃ interface. Nature Nanomaterials 13 (2014)

Tsymbal, E. Y. et al. Multifunctional Oxide Heterostructures. Oxford (2012).